

Penentuan Batas Kritis Fosfor untuk Pertumbuhan Cabai Merah Besar (*Capsicum annuum* L.) pada Tanah di Pulau Jawa

*Critical Level Determination of Phosphorus for Big Red Chili (*Capsicum annuum* L.) Growth on Soil in Java Island*

Arief Hartono^{1*}, Desi Nadalia¹, dan Siti Lathifah Husnul Khuluq¹

Diterima 03 September 2019/Disetujui 18 November 2019

ABSTRACT

One of the efforts that can be done to optimize phosphorus (P) fertilization that accommodate the P needs of big red chili is by conducting soil analysis and determine the critical level of P in the soil related to the yield. The objective of this research was to determine the critical level of P for big red chili in Java Island. Soil samples were collected from 19 locations in Java Island. The soil P before planting of 19 locations was determined by three methods of P extraction namely Bray 1, Olsen, and Mehlich III. After soil P analyses, big red chili was planted in a pot containing 500 g of soil (oven-dry weight) from 19 locations where each location had 4 rates of P fertilization. The rates of P fertilization applied were 0, 55, 110, and 220 kg ha⁻¹ P₂O₅. Urea and KCl were applied with the rate of 110 kg ha⁻¹ and 180 kg ha⁻¹ respectively as basal fertilizers. Plant biomass was harvested after the age of 4 weeks after planting. The effect of P fertilizer on growth parameters was evaluated using analysis of variance. The critical level of soil P was determined by the Cate and Nelson method. The results showed that P fertilization had a significant effect on plant height, fresh weight and dry weight of plants. Fertilization treatment of 220 kg ha⁻¹ P₂O₅ resulted in the highest responses to plant growth parameters. The correlation test results showed that Bray 1, Olsen and Mehlich III extraction methods significantly and positively correlated with plant dry weight. The Olsen extraction method showed the highest correlation with plant dry weight (r=0.665). The critical levels of P in the soil for big red chili in Java determined by Bray 1, Olsen, and Mehlich III extraction methods, were 15 ppm, 40 ppm, and 50 ppm, respectively.

Keywords: Bray 1, Cate and Nelson, extraction method, Mehlich, Olsen, soil analysis

ABSTRAK

Salah satu upaya yang dapat dilakukan mengoptimalkan pemupukan fosfor (P) yang sesuai dengan kebutuhan tanaman cabai merah besar ialah dengan melakukan analisis tanah serta menentukan batas kritis P di tanah yang dihubungkan dengan produksi. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan batas kritis P di tanah untuk tanaman cabe merah besar di Pulau Jawa. Contoh tanah diambil dari 19 lokasi yang tersebar di Pulau Jawa. Analisis P tanah sebelum tanam dilakukan dengan tiga metode ekstraksi P yaitu Bray 1, Olsen, dan Mehlich III. Setelah analisis P tanah, bibit cabe merah besar ditanam dalam pot yang berisi 500 g tanah berat kering mutlak untuk tiap lokasi dan tiap lokasi mempunyai 4 dosis pemupukan. Dosis pemupukan P terdiri dari 0, 55, 110, dan 220 kg ha⁻¹ P₂O₅. Sebagai pupuk dasar juga diberikan pupuk urea dan KCl masing-masing dengan dosis 110 kg ha⁻¹ dan 180 kg ha⁻¹. Tiap tanaman dipanen biomasanya setelah berumur 4 minggu setelah tanam. Pengaruh pupuk P terhadap peubah pertumbuhan tanaman dievaluasi menggunakan analisis ragam. Batas kritis P tanah ditetapkan dengan metode Cate dan Nelson. Hasil menunjukkan bahwa pemberian pupuk P berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, bobot basah dan bobot kering tanaman. Pemupukan 220 kg ha⁻¹ P₂O₅ memberikan respon tertinggi terhadap peubah pertumbuhan tanaman. Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa ketiga metode ekstraksi P tersebut berkorelasi positif dan nyata dengan bobot kering tanaman. Metode ekstraksi Olsen memiliki korelasi tertinggi

¹Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Jawa Barat.
Email: hartono@apps.ipb.ac.id (*Penulis korespondensi)

dengan bobot kering tanaman ($r = 0.665$). Batas kritis P dalam tanah untuk tanaman cabai merah besar di pulau Jawa berdasarkan metode ekstraksi Bray 1, Olsen, dan Mehlich III masing-masing ialah 15 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm.

Kata kunci: analisis tanah, Bray 1, Cate dan Nelson, Mehlich, metode ekstraksi, Olsen

PENDAHULUAN

Cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.) merupakan salah satu jenis tanaman hortikultura pilihan usahatani bagi sebagian petani Indonesia. Cabai merah besar memiliki nilai ekonomi tinggi dengan prospek pasar yang baik di Indonesia. Cabai merah besar sangat dibutuhkan untuk kebutuhan rumah tangga, industri, dan lain-lain. Selain itu, cabai merah besar juga merupakan komoditas sayuran dengan jumlah petani terbanyak (Gunadi dan Sulastri, 2013). Luas panen cabai termasuk di dalamnya cabe merah besar secara umum untuk periode 2011-2015 cenderung meningkat dengan rata-rata pertumbuhan 5.54%. Selama periode tersebut pertumbuhan luas panen cabai di Jawa lebih tinggi dibandingkan di luar Jawa. Kontribusi produksi cabai Indonesia lebih didominasi oleh produksi dari pulau Jawa. Pada tahun 1980-2015 produksi cabai di Jawa mencapai 57.2% dari total produksi cabai Indonesia, sedangkan luar Jawa sebesar 42.8% (Kementerian Pertanian, 2016). Hal tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar lahan di Jawa dilakukan untuk pertanian secara intensif. Pertanian intensif mendorong penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan, yang menyebabkan terakumulasinya hara di dalam tanah.

Sebagian besar tanah pertanian di Indonesia telah mengalami akumulasi hara fosfor (P) dengan status tinggi (Hartono *et al.*, 2015). Pemupukan berlebih yang berlangsung lama dapat meningkatkan residu unsur pupuk dalam tanah, terutama P yang cenderung diimobilisasi oleh tanah (Yan *et al.*, 2017). Pemupukan berlebihan menyebabkan sebagian hara pupuk hilang terbawa keluar areal pertanian yang mengakibatkan pencemaran badan-badan air serta terjadi proses eutrofikasi (Daverede *et al.*, 2003; Rodrigues *et al.*, 2016; Rowe *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2017).

Hasil penelitian Muliana *et al.* (2018) menyatakan bahwa terdapat 66% petani menggunakan pupuk P melebihi dosis rekomendasi dan 44% di bawah rekomendasi Dinas Pertanian Brebes. Penelitian Sumarni *et*

al. (2012) menunjukkan bahwa peningkatan pemupukan P dari 60 menjadi 120 kg ha⁻¹ P₂O₅ pada tanah dengan status P tinggi tidak meningkatkan produksi bawang merah, oleh karena itu, upaya yang dilakukan untuk mencegah dan mengurangi pencemaran unsur hara yang berlebihan pada lahan pertanian dan mengoptimalkan produksi tanaman. Upaya tersebut ialah dengan menerapkan teknologi pemupukan P yang sesuai dengan kebutuhan tanaman akan unsur hara sehingga dilakukan uji tanah (Kartika dan Susila, 2008).

Salah satu upaya yang dilakukan untuk mendapatkan informasi pemupukan melalui uji tanah dalam budidaya cabai merah besar adalah dengan menentukan batas kritis P dalam tanah sehingga strategi pemupukan P dapat dilakukan. Nilai P tanah yang berada di bawah batas kritis P perlu mendapatkan pemupukan. Namun, nilai P tanah di atas batas kritis P, maka tidak perlu dipupuk atau dipupuk dengan dosis yang tidak terlalu besar. Penelitian ini bertujuan memilih metode analisis P terbaik di antara Bray 1, Olsen, dan Mehlich III; mengevaluasi pengaruh pemupukan P terhadap pertumbuhan dan biomassa tanaman, serta menentukan batas kritis hara P tanah pada pertumbuhan cabai merah besar dengan metode Bray 1, Olsen, dan Mehlich III.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB. Penelitian berlangsung dari Februari sampai Juli 2018. Penelitian ini menggunakan 19 contoh tanah yang diambil dari beberapa lokasi di Jawa yang merupakan lahan yang digunakan untuk tanaman cabe dan sebagian lahan yang secara bergantian ditanami cabe, tomat, jagung, kacang-kacangan dan padi (Tabel 1).

Tabel 1. Lokasi pengambilan contoh tanah dan jenis tanah yang digunakan dalam penelitian

No.	Lokasi	Ordo Tanah	Koordinat	
			Bujur	Lintang
1.	Kretek, Bantul, Jawa Tengah	Entisol	110° 19' 14.40" BT	8° 0' 51.27" LS
2.	Pundong, Bantul, Jawa Tengah	Inceptisol	110° 19' 20.08" BT	7° 59' 25.18" LS
3.	Pajangan, Bantul, Jawa Tengah	Entisol	110° 17' 45.14" BT	7° 51' 43.74" LS
4.	Sewon, Bantul, Jawa Tengah	Inceptisol	110° 22' 46.66" BT	7° 50' 23.60" LS
5.	Paguyangan, Brebes, Jawa Tengah	Inceptisol	109° 03' 7.47" BT	7° 17' 21.36" LS
6.	Bumiayu, Brebes, Jawa Tengah	Inceptisol	108° 58' 47.54" BT	7° 15' 6.15" LS
7.	Ngemplak, Boyolali, Jawa Tengah	Inceptisol	110° 47' 52.12" BT	7° 29' 58.69" LS
8.	Kemus, Boyolali, Jawa Tengah	Inceptisol	110° 44' 3.58" BT	7° 19' 55.83" LS
9.	Karangayu, Boyolali, Jawa Tengah	Inceptisol	110° 44' 29.19" BT	7° 14' 46.70" LS
10.	Galur, Kulon Progo, Jawa Tengah	Entisol	110° 14' 46.68" BT	7° 56' 10.20" LS
11.	Galur, Kulon Progo, Jawa Tengah	Inceptisol	110° 11' 17.01" BT	7° 55' 33.25" LS
12.	Pengasih, Kulon Progo, Jawa Tengah	Entisol	110° 9' 38.41" BT	7° 47' 12.24" LS
13.	Girimulyo, Kulon Progo, Jawa Tengah	Alfisol	110° 8' 23.16" BT	7° 44' 48.46" LS
14.	Girimulyo, Kulon Progo, Jawa Tengah	Inceptisol	110° 11' 47.75" BT	7° 45' 4.88" LS
15.	Ngablak, Magelang, Jawa Tengah	Andisol	110° 22' 28.29" BT	7° 23' 47.02" LS
16.	Secang, Magelang, Jawa Tengah	Inceptisol	110° 14' 54.63" BT	7° 26' 6.92" LS
17.	Weru, Sukoharjo, Jawa Tengah	Alfisol	110° 47' 5.67" BT	7° 48' 51.07" LS
18.	Nguter, Sukoharjo, Jawa Tengah	Inceptisol	110° 52' 16.46" BT	7° 43' 15.42" LS
19.	Pelaosan, Magetan, Jawa Timur	Andisol	111° 11' 29.73" BT	7° 39' 56.27" LS

P tanah tersedia diekstrak dan ditetapkan menggunakan metode Bray 1 dengan larutan pengekstraknya adalah 0.03 mol L⁻¹ NH₄F dan 0.025 mol L⁻¹ HCl, metode Olsen dengan larutan pengekstraknya 0.5 mol L⁻¹ NaHCO₃ pH 8.5 dan Mehlich III dengan larutan pengekstraknya 0.2 mol L⁻¹ CH₃COOH, 0.25 mol L⁻¹ NH₄NO₃, 0.015 mol L⁻¹ NH₄F, 0.013 mol L⁻¹ HNO₃, 0.001 mol L⁻¹ EDTA.

Selain P tanah sifat-sifat kimia tanah lain yang dianalisis adalah pH tanah (pH H₂O), karbon C-organik tanah, dan kapasitas tukar kation (KTK) tanah. pH H₂O ditetapkan dengan mengekstrak tanah dengan aquadest dimana perbandingan tanah dan aquadest 1:5. C-organik tanah ditetapkan dengan menggunakan metode Walkley and Black. Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah ditetapkan dengan mengekstrak contoh tanah menggunakan 1 mol L⁻¹ NH₄OAc (Ammonium Acetate) pH 7.0 dan kemudian dilanjutkan dengan destilasi.

Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dua faktorial yaitu faktor dosis pupuk P dan faktor lokasi pengambilan contoh tanah. Penelitian dilakukan sebanyak 4 perlakuan dan 2 ulangan pada setiap contoh tanah sehingga diperoleh 152 satuan percobaan. Model statistik yang digunakan dari rancangan percobaan ini

sebagai berikut (Matjik dan Sumertajaya, 2000):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Dimana :

Y_{ijk} = Respon tanaman pada perlakuan faktor P taraf ke i (1,2,3,4), faktor lokasi ke-j (1,2,3,..., 19) pada ulangan ke-k (1,2)

μ = Rataan umum

α_i = Pengaruh perlakuan P taraf ke-i

β_j = Pengaruh lokasi ke-j

$(\alpha\beta)_{ijk}$ = Pengaruh interaksi antara perlakuan P ke-i dan perlakuan lokasi ke-j, pada ulangan ke-k

ϵ_{ijk} = Pengaruh galat perlakuan P taraf ke-i, lokasi ke-j, pada ulangan ke-k

Bahan yang digunakan ialah cabai merah besar varietas Landung, kompos sebagai media semai, KH₂PO₄ sebagai sumber pupuk P, KCl, urea, dan aquadest.

Uji Korelasi

Uji korelasi digunakan untuk menentukan metode ekstraksi P terbaik. Tahapan dalam pengujian ini adalah: (1) ekstraksi P dengan menggunakan metode Bray 1, Olsen, dan Mehlich III, (2) dilakukan pengujian respon tanaman terhadap pemupukan pada beberapa dosis pupuk P, dan (3) membuat uji korelasi antar nilai hasil uji

tanah dengan bobot kering tanaman (Wijanarko dan Taufiq, 2008). Penetapan metode pengekstrak terbaik ditentukan berdasarkan pada nilai koefisien korelasi (r) yang tinggi antara nilai P terekstrak dan rata-rata bobot kering tanaman pada perlakuan P_0 .

Percobaan di Rumah Kaca

Penyemaian dilakukan dengan menanam benih cabai merah besar varietas Landung menggunakan media kompos dan ditempatkan pada *tray* selama kurang lebih 4 minggu. Tanah yang lolos saringan 2-mm dimasukkan ke dalam polibag sebanyak 500g berat kering mutlak (BKM). Dosis pupuk P terdiri dari 0 mg kg^{-1} P atau setara dengan 0 kg ha^{-1} P_2O_5 (P_0), 6 mg kg^{-1} P atau setara dengan 55 kg ha^{-1} P_2O_5 (P_1), 12 mg kg^{-1} P atau setara dengan 110 kg ha^{-1} P_2O_5 (P_2), dan 24 mg kg^{-1} P atau setara dengan 220 kg ha^{-1} P_2O_5 (P_3). Dosis anjuran pupuk P yang digunakan adalah 110 kg ha^{-1} P_2O_5 , sesuai dosis anjuran dari PT. East West Seed Indonesia.

Selain pemberian pupuk P , juga diberikan pupuk dasar berupa urea (46% N), dan KCl (60% K_2O) dengan dosis masing-masing 110 kg ha^{-1} dan 180 kg ha^{-1} . Urea dan KCl dilarutkan terlebih dahulu dengan aquadest, kemudian diberikan pada tanah masing-masing polibag sesuai kebutuhan untuk bobot tanah sebanyak 500 g BKM. Pemberian pupuk KCl dan P dilakukan 5 hari sebelum penanaman cabai pada polibag tersebut. Pupuk urea diberikan sebanyak 2 kali yaitu $\frac{1}{2}$ dosis (5 hari sebelum tanam) dan $\frac{1}{2}$ dosis (3 minggu setelah tanam).

Pada setiap polibag ditanami 1 tanaman cabai merah besar. Penyiraman tanaman dilakukan setiap hari menggunakan aquadest dengan mempertahankan kadar air tanah sekitar kapasitas lapang. Variabel yang diamati yaitu tinggi tanaman umur 3 dan 4 minggu setelah tanam (MST) dan biomassa tanaman (bobot basah dan bobot kering tanaman) pada umur 4 MST.

Analisis Data

Data hasil penelitian selanjutnya dianalisis menggunakan SAS 9.0. Analisis ragam dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemupukan P atau lokasi dan interaksinya terhadap peubah pertumbuhan. Pada perlakuan yang berpengaruh nyata selanjutnya dilakukan

uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* pada taraf $\alpha = 5\%$.

Penentuan Batas Kritis

Batas kritis hara P tanah untuk tanaman cabai merah besar ditentukan berdasarkan metode Cate dan Nelson (1971). Cara menentukannya sebagai berikut: (1) membuat diagram sebaran titik dari nilai uji P (pada sumbu X) dan persentase produksi relatif (pada sumbu Y). Produksi relatif dihasilkan dari persamaan berikut:

Produksi Relatif (%) =

$$\frac{\text{Produksi tanpa pupuk } P}{\text{Produksi maksimum dari dosis pupuk } P \text{ yang diberikan}} \times 100\%$$

Dalam penelitian ini digunakan bobot kering biomassa tanaman 4 MST sebagai produksi, (2) pada diagram sebaran diletakkan dua garis bersilangan yang masing-masing sejajar sumbu X dan Y sehingga membagi diagram menjadi 4 kuadran. Kuadran kiri bawah dan kanan atas dinamakan kuadran positif, sedangkan kuadran kiri atas dan kanan bawah dinamakan kuadran negatif, (3) menggeser-geserkan kedua garis pada posisi yang tetap sejajar kedua sumbu, diusahakan jumlah titik pada kuadran negatif sekecil-kecilnya atau jumlah titik pada kuadran positif sebanyak-banyaknya, (4) titik potong antara garis tegak (sejajar sumbu Y) dan sumbu X dinamakan batas kritis nilai uji P , sedangkan perpotongan pada sumbu Y dinamakan batas hasil produksi relatif. Di sebelah kiri batas kritis adran kiri bawah nilai uji P disebut daerah kekurangan (ku), sedangkan di sebelah kanan batas kritis nilai uji P dinamakan daerah kecukupan (kuadran kanan atas) (Cate dan Nelson, 1971).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Tanah Awal Lokasi Penelitian

Contoh tanah yang diambil untuk penelitian sebagian besar berasal dari lahan petani yang ditanami oleh tanaman cabe. Selain itu, beberapa contoh tanah juga diambil pada lahan petani yang ditanami tomat, jagung, kacang-kacangan, dan padi dengan berbagai umur tanaman. Sifat umum kimia tanah awal pada lokasi penelitian disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan penilaian sifat kimia tanah yang dikeluarkan Balai Penelitian Tanah tahun 2009 (Eviati dan Sulaeman, 2009), tanah dari 19 lokasi yang digunakan dalam penelitian ini kandungan P-tersedia (P-Bray 1) termasuk kategori sangat rendah sampai sangat tinggi (0.96 mg kg^{-1} sampai 64.7 mg kg^{-1}). pH (H_2O) berkisar dari masam sampai netral (4.99 sampai 7.46). Kadar C-organik termasuk sangat rendah sampai sangat tinggi (0.16% sampai 8.61%). Kapasitas tukar kation (KTK) tanah pada lokasi tersebut rendah hingga sangat tinggi ($5.04 \text{ (cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1})$ sampai $63.9 \text{ (cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1})$).

Hasil ini menunjukkan bahwa contoh-contoh tanah yang digunakan bervariasi tingkat kesuburannya. P tersedia yang diwakili oleh P Bray1 menunjukkan bahwa P berkisar dari sangat rendah sampai sangat tinggi sehingga contoh-contoh tanah yang diambil sudah mewakili untuk menentukan batas kritis P.

Respon Tanaman terhadap Pemupukan P Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor lokasi dan perlakuan dosis pupuk P memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Hal ini terlihat dari peningkatan tinggi tanaman cabai merah besar dengan

semakin meningkatnya dosis pupuk P yang diberikan ke dalam tanah (Tabel 3). Tanaman yang diberi pupuk P memiliki nilai tinggi tanaman yang lebih besar dari tanaman yang tanpa pupuk P. Tanaman dengan perlakuan dosis pupuk P_2O_5 220 kg ha^{-1} (P3) memiliki tinggi tanaman tertinggi dibandingkan dengan perlakuan dosis P yang lain.

Bobot Basah dan Bobot Kering Tanaman

Pada Tabel 3, terlihat bahwa bobot basah dan bobot kering tanaman meningkat dengan semakin meningkatnya dosis pupuk P yang diberikan. Tanaman yang diberi pupuk P dosis 220 kg ha^{-1} P_2O_5 (P3) menunjukkan bobot basah dan bobot kering tanaman nyata lebih tinggi dari tanaman yang diberi dosis P0, P1, dan P2.

Uji Korelasi

Metode ekstraksi P yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Bray 1, Olsen, dan Mehlich III menghasilkan kadar P tanah berbeda-beda tergantung pada kemampuan masing-masing metode tersebut. Nilai pengekstrak yang tinggi belum tentu dapat diserap dan dimanfaatkan oleh tanaman (Al-Jabri, 2007).

Tabel 2. Hasil analisis sifat kimia tanah awal di lokasi penelitian

No.	Lokasi	Ordo Tanah	P Bray 1 (mg kg^{-1})	pH H_2O (1:5)	C-organik (%)	KTK ($\text{cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1}$)
1	Kretek, Bantul, Jawa Tengah	Entisol	59.90	5.39	0.16	5.04
2	Pundong, Bantul, Jawa Tengah	Inceptisol	43.60	5.66	0.42	33.80
3	Pajangan, Bantul, Jawa Tengah	Entisol	5.58	7.19	1.40	49.90
4	Sewon, Bantul, Jawa Tengah	Inceptisol	21.30	6.33	0.87	10.50
5	Paguyangan, Brebes, Jawa Tengah	Inceptisol	5.00	6.31	2.60	24.30
6	Bumiayu, Brebes, Jawa Tengah	Inceptisol	2.37	5.79	2.07	34.80
7	Ngemplak, Boyolali, Jawa Tengah	Inceptisol	5.09	6.56	3.17	44.30
8	Kemus, Boyolali, Jawa Tengah	Inceptisol	15.50	7.36	1.10	50.50
9	Karangayu, Boyolali, Jawa Tengah	Inceptisol	22.50	4.99	1.49	63.90
10	Galur, Kulon Progo, Jawa Tengah	Entisol	10.10	6.44	1.02	16.30
11	Galur, Kulon Progo, Jawa Tengah	Inceptisol	64.70	6.64	2.32	29.60
12	Pengasih, Kulon Progo, Jawa Tengah	Entisol	2.69	5.39	0.51	29.20
13	Girimulyo, Kulon Progo, Jawa Tengah	Alfisol	0.96	6.42	1.39	27.80
14	Girimulyo, Kulon Progo, Jawa Tengah	Inceptisol	7.11	6.55	1.35	30.50
15	Ngablak, Magelang, Jawa Tengah	Andisol	2.18	5.95	2.84	22.10
16	Secang, Magelang, Jawa Tengah	Inceptisol	6.58	6.33	0.51	17.00
17	Weru, Sukoharjo, Jawa Tengah	Alfisol	1.46	7.47	1.66	49.00
18	Nguter, Sukoharjo, Jawa Tengah	Inceptisol	61.70	6.69	1.35	12.30
19	Pelaosan, Magetan, Jawa Timur	Andisol	27.40	5.37	8.61	31.50

Tabel 3. Respon tinggi, bobot basah, dan bobot kering tanaman cabai merah besar pada berbagai dosis pupuk P

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)		Rataan Bobot Basah (g)	Rataan Bobot Kering (g)
	3 MST	4 MST		
P0	7.01 c	8.28 b	0.42 d	0.06 c
P1	7.67 c	9.11 b	0.61 c	0.07 c
P2	9.79 b	11.60 a	0.82 b	0.09 b
P3	11.30 a	12.60 a	1.20 a	0.13 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ dengan uji DMRT.

Secara umum, nilai P yang diekstrak dengan metode Olsen dan Mehlich III lebih tinggi dibandingkan dengan nilai P yang diekstrak oleh Bray 1 (Tabel 4). Hal ini disebabkan karena daya ekstraksi Olsen dan Mehlich III lebih kuat dibandingkan dengan metode Bray 1. Jenis ion aktif yang membebaskan P pada metode ekstraksi Olsen adalah HCO_3^- dan OH^- . HCO_3^- dapat mengendapkan Ca dalam bentuk CaCO_3 sehingga melepaskan P dari bentuk Ca-P (Leiwakabessy, 2003) dan OH^- mengendapkan Al sehingga melepaskan P yang terikat oleh Al (Kartika, 2010). Metode Bray 1 memiliki ion aktif berupa F^- yang dapat membebaskan P dari Ca-P, Fe-P, dan Al-P. Ion F^- dapat bereaksi dengan Ca membentuk CaF_2 yang sukar larut dan melepaskan P dari Ca-P. Ion F^- yang terdapat pada pereaksi Bray 1 akan berinteraksi dengan ion Al^{3+} dan Fe^{3+} sehingga ion P akan dibebaskan dari bentuk Al-P dan Fe-P yang banyak terdapat pada tanah masam. Asam asetat pada Mehlich III membantu ekstraksi P dari tanah dengan melepaskan fosfat yang terikat dengan Ca, sedangkan F^- memudahkan ekstraksi fosfat yang berasosiasi dengan Fe dan Al (Seth *et al.*, 2018). Menurut Mylavarapu *et al.* (2014), EDTA pada Mehlich III mengkelat Fe dan Al sehingga P dapat dilepaskan.

Menurut Amisnaipa (2014), metode pengekstrak yang terbaik untuk jenis tanah dan tanaman tertentu mempunyai nilai koefisien korelasi tertinggi. Koefisien korelasi antara kandungan hara P tanah dan rata-rata bobot kering tanaman cabai merah pada perlakuan

P0 dari yang tertinggi yaitu Olsen ($r = 0.655$), Mehlich III ($r = 0.646$), dan Bray 1 ($r = 0.639$) (Tabel 5). Ketiga metode tersebut memiliki korelasi yang nyata secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar P yang terekstrak pada metode Bray 1, Olsen, dan Mehlich III akan diikuti dengan peningkatan bobot kering tanaman. Metode Olsen memiliki koefisien korelasi tertinggi. Metode Olsen memiliki pengekstrak yang karakteristiknya mirip dengan kondisi zona perakaran tanaman. Setiap jenis tanaman sayuran memiliki spesifik pengekstrak terbaik guna mengukur jumlah unsur yang tersedia bagi tanaman dan tanah tertentu (Izhar dan Susila, 2010). Hasil penelitian Kartika dan Susila (2008) juga menunjukkan bahwa metode Olsen merupakan metode dengan korelasi tertinggi pada tanaman bayam (*Amaranthus* sp), cabai (*Capsicum annum* L.), dan tomat (*Lycopersicum esculentum* L.) pada Ultisol.

Batas Kritis Hara P

Berdasarkan hasil pada Gambar 1, batas kritis P untuk tanaman cabai merah besar pada setiap metode ekstraksi yang digunakan yaitu 15 ppm P (Bray 1) (Gambar 1a), 40 ppm P (Olsen) (Gambar 1b), dan 50 ppm P (Mehlich III) (Gambar 1c) untuk mencapai 60% dari produksi maksimum. Daerah di sebelah kiri batas kritis merupakan daerah kekurangan yang responsif terhadap pemupukan, sedangkan daerah di sebelah kanan batas kritis merupakan daerah kecukupan.

Tabel 4. Nilai P terekstraksi dengan metode Bray 1, Olsen dan Mehlich III

No.	Kode	Nama Tanah	P Bray 1	P Olsen	P Mehlich III
		 (mg kg ⁻¹).....		
1	Kretek, Bantul, Jawa Tengah	Entisol	59.90	74.00	139.00
2	Pundong, Bantul, Jawa Tengah	Inceptisol	43.60	60.80	73.60
3	Pajangan, Bantul, Jawa Tengah	Entisol	5.58	19.10	5.24
4	Sewon, Bantul, Jawa Tengah	Inceptisol	21.30	36.90	70.80
5	Paguyangan, Brebes, Jawa Tengah	Inceptisol	5.00	21.40	14.40
6	Bumiayu, Brebes, Jawa Tengah	Inceptisol	2.37	37.80	10.60
7	Ngemplak, Boyolali, Jawa Tengah	Inceptisol	5.09	7.50	4.44
8	Kemus, Boyolali, Jawa Tengah	Inceptisol	15.50	38.40	37.70
9	Karangayu, Boyolali, Jawa Tengah	Inceptisol	22.50	15.00	30.30
10	Galur, Kulon Progo, Jawa Tengah	Entisol	10.10	27.30	27.00
11	Galur, Kulon Progo, Jawa Tengah	Inceptisol	64.70	181.00	193.00
12	Pengasih, Kulon Progo, Jawa Tengah	Entisol	2.69	5.72	0.55
13	Girimulyo, Kulon Progo, Jawa Tengah	Alfisol	0.96	55.60	35.30
14	Girimulyo, Kulon Progo, Jawa Tengah	Inceptisol	7.11	36.40	43.20
15	Ngablak, Magelang, Jawa Tengah	Andisol	2.18	68.50	12.00
16	Secang, Magelang, Jawa Tengah	Inceptisol	6.58	38.20	25.00
17	Weru, Sukoharjo, Jawa Tengah	Alfisol	1.46	16.90	4.99
18	Nguter, Sukoharjo, Jawa Tengah	Inceptisol	61.70	169.00	159.00
19	Pelaosan, Magetan, Jawa Timur	Andisol	27.40	125.00	75.90

Tabel 5. Koefisien korelasi rata-rata bobot kering tanaman pada ketiga metode ekstraksi

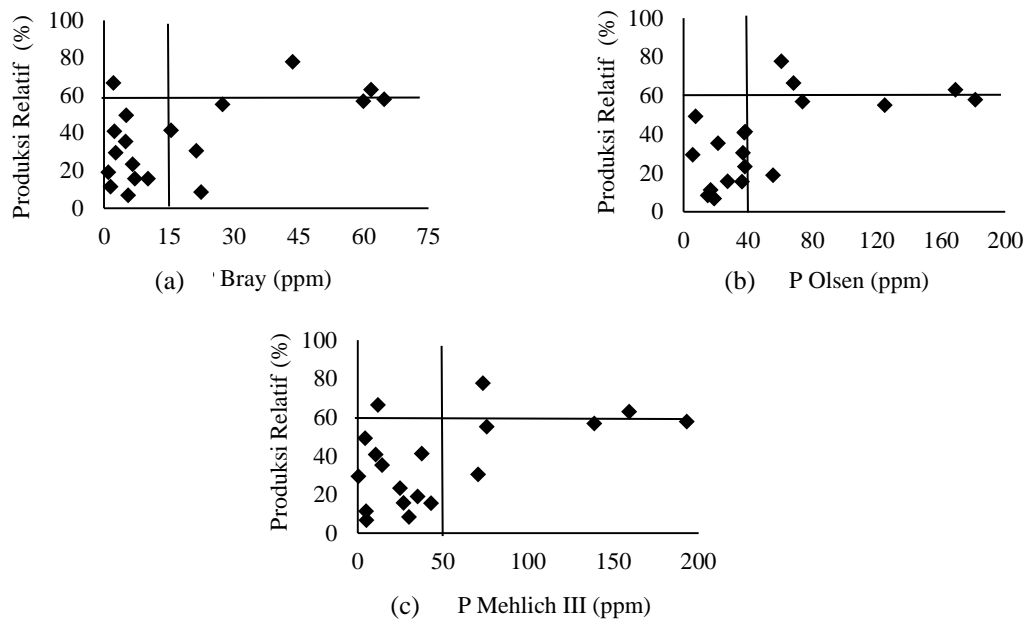
Metode Pengekstrak	Nilai korelasi
Bray 1	0.639*
Olsen	0.655*
Mehlich III	0.646*

Keterangan: *nyata pada taraf $\alpha = < 0.05$

Berdasarkan hasil uji korelasi didapatkan metode Olsen merupakan metode terbaik untuk menduga kadar dan kebutuhan P tanaman cabai merah besar pada daerah penelitian. Apabila kadar P dalam tanah yang diukur dengan menggunakan metode Olsen kurang dari 40 ppm maka perlu dilakukan pemupukan P agar kebutuhan hara P tanaman tercukupi. Sebaliknya, tanah yang memiliki kadar P Olsen lebih besar dari 40 ppm sudah mampu memenuhi kebutuhan hara P untuk mencapai produksi relatif 60% dari produksi maksimum. Rendahnya hasil produksi relatif menunjukkan bahwa tanah kekurangan unsur hara lain. Oleh karena itu, untuk meningkatkan hasil produksi relatif maka pada tanah dengan

P Olsen di bawah 40 ppm perlu diberikan pupuk P dan pupuk hara lainnya, sedangkan tanah dengan P Olsen lebih dari 40 ppm hanya diberikan pupuk hara lainnya.

Hasil penelitian Amisnaipa (2014) menunjukkan batas kritis hara P untuk tanaman cabai merah pada tanah Inceptisol Papua Barat dengan pengekstrak Bray 1 adalah 41 ppm P (pada kelas ketersediaan hara P sangat rendah), 102 ppm P (pada kelas ketersediaan hara P rendah), dan 230 ppm P (pada kelas ketersediaan hara P sedang). Hal ini menunjukkan bahwa nilai batas kritis berbeda-beda tergantung pada lokasi (jenis tanah dan iklim) dan varietas tanaman yang digunakan.



Gambar 1. Batas kritis tanaman cabai merah besar berdasarkan metode Bray 1, Olsen, dan Mehlich III

KESIMPULAN

Pemberian pupuk P berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, bobot basah dan bobot kering tanaman cabe merah besar (*Capsicum annuum* L.) yang ditanam pada tanah di Pulau Jawa. Pemupukan dengan dosis $220 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ (P3) memberikan respon pertumbuhan tanaman yang lebih tinggi. Metode ekstraksi Bray 1, Olsen dan Mehlich III berkorelasi positif dan nyata secara statistik dengan bobot kering tanaman. Metode Olsen memiliki koefisien korelasi tertinggi dan nyata dengan bobot kering tanaman ($r = 0.665$). Batas kritis P dalam tanah untuk tanaman cabai merah besar di pulau Jawa berdasarkan metode Bray 1, Olsen, dan Mehlich III masing-masing adalah 15 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Kondisi di lapangan berbeda dengan kondisi di rumah kaca sehingga saran penelitian selanjutnya yaitu hasil studi korelasi di rumah kaca tersebut dikalibrasikan dengan penelitian di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Netherland Space Office (NSO) yang

telah mendanai kegiatan SMARTseeds sehingga penelitian ini dapat dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Jabri, M. 2007. Perkembangan uji tanah dan strategi program uji tanah masa depan di Indonesia. J. Litbang Pertanian. 26: 54-66.
- Amisnaipa. 2014. Penentuan kebutuhan pupuk fosfor dan kalium berdasarkan uji tanah tanaman cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.) di lahan inceptisol Papua Barat. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Cate, R.B., L.A. Nelson. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. SSSAJ. 35: 658-659.
- Chen, D., M. Hu, Y. Guo, J. Wang, H. Huang, R.A. Dahlgren. 2017. Long-term (1980-2010) changes in cropland phosphorus budgets, use efficiency and legacy pools across townships in the Yongan Watershed, Eastern China. Agriculture, Ecosystem & Environment. 236: 166-176.

- Daverede, I.C., A.N. Kravchenko, R.G. Hoeft, E.D. Nafziger, D.G. Bullock, J.J. Warren, L.C. Gonzini. 2003. Phosphorus runoff: effect of tillage and soil phosphorus levels. *J. Environ. Qual.* 32: 1436-1444.
- Eviati, Sulaeman. 2009. *Petunjuk Teknis Jilid 2: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Gunadi, N., I. Sulastrini. 2013. Penggunaan *Netting House* dan mulsa plastik untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman cabai merah. *J. Hort.* 23: 36-46.
- Hartono, A., S. Anwar, A. Satwoko, K. Koyama, T. Omoto, A. Nakao, J. Yanai. 2015. Phosphorus fractions of paddy soils in Java, Indonesia. *J. ISSAAS.* 21(2): 20-30.
- Izhar, L., A.D. Susila. 2010. Rekomendasi pemupukan fosfor dan potasium berdasarkan analisis hara tanah pada tanaman sayuran. *J. Hort. Indonesia.* 1(2): 81-88.
- Kartika, J.G., A.D. Susila. 2008. Phosphorus correlation study for vegetables grown in the Ultisol-Nanggung, Bogor, Indonesia. Sustainable Agriculture and Natural Resource Management Collaborative Research Support Program (SANREM CRSP). International Research, Education, and Development (OIRE), Virginia Tech. p. 1-8.
- Kartika, J.G. 2010. Pemilihan metode uji P tanah berdasarkan hasil panen tanaman sayuran pada ultisols, Nanggung. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kementerian Pertanian. 2016. Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Hortikultura. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Leiwakabessy, F. 2003. *Kesuburan Tanah*. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian. IPB, Bogor.
- Matjik, A.A., M. Sumertajaya. 2000. *Perancangan Percobaan Jilid I*. IPB Press, Bogor.
- Muliana, S. Anwar, A. Hartono, A.D. Susila, S. Sabiham. 2018. Pengelolaan dan pemupukan fosfor dan kalium pada pertanian intensif bawang merah di empat desa di Brebes. *J. Hort. Indonesia.* 9(1): 27-37.
- Mylavarapu, R., T. Obreza, K. Morgan, G. Hochmuth, V. Nair, A. Wright. 2014. *Extraction Soil Nutrients Using Mehlich III Reagent for Acid Minerals Soils of Florida*. University of Florida, Florida.
- Rodrigues, M., P.S. Pavinto, P.J.A. Withers, A.P.B. Teles, W.F.B. Herrera. 2016. Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savanna. *Sci. Total Environ.* 542: 1050-1061.
- Rowe, H., P.J.A. Withers, P. Baas, N.I. Chan, D. Doody, J. Holiman, B. Jacobs, H. Li, G.K. MacDonald, R. McDowell, A.N. Sharpley, J. Shen, W. Taheri, M. Wallenstein, M.N. Weintraub. 2016. Integrating legacy soil phosphorus into sustainable nutrient management strategies for future food, bioenergy and water security. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 104: 393-412.
- Seth, A., D. Sarkar, R.E. Masto, K. Batabyal, S. Saha, S. Murmu, R. Das, D. Padhan, B. Mandal. 2018. Critical limits of Mehlich 3 extractable phosphorous, potassium, sulfur, boron and zinc in soils for nutrition of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 18: 512-523.
- Sumarni, N., R. Rosliani, R.S. Basuki, Y. Hilman. 2012. Respon tanaman bawang merah terhadap pemupukan fosfat pada beberapa tingkat kesuburan lahan (status P-tanah). *J. Hort.* 22: 129-137.

- Wijanarko, A., A. Taufiq. 2008. Penentuan kebutuhan pupuk P untuk tanaman kedelai, kacang tanah dan kacang hijau berdasarkan uji tanah di lahan kering masam ultisol. Buletin Palawija. 15: 1-8.
- Yan, X., Z. Wei, Q. Hong, Z. Lu, J. Wu. 2017. Phosphorus fractions and sorption characteristics in a subtropical paddy soil as influenced by fertilizer sources. Geoderma. 295: 80-85.